

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Batik**

##### **2.1.1 Pengertian Batik**

Batik adalah sebuah kain bergambar yang proses pembuatannya menuliskan atau menerakan malam yang telah mencair akibat dipanaskan pada kain tersebut [5]. Terdapat 3 jenis batik berdasarkan metode pembuatannya, yakni batik tulis, batik cap dan batik cetak. Semua jenis batik menggunakan lilin atau malam sebagai bahan dasar pada proses pembuatannya, hanya saja batik tulis yang paling membutuhkan ketelatenan.

Batik tulis dibuat menggunakan canting batik yaitu alat yang terbuat dari tembaga yang dibentuk sehingga dapat menampung malam (lilin batik), memiliki ujung berupa saluran atau pipa kecil untuk keluarnya malam guna membentuk gambar awal pada permukaan kain [6], jika diperhatikan dengan seksama, detail unik hanya bisa muncul atau terlihat pada batik tulis saja, bentuk gambar atau desain pada batik tulis tidak ada pengulangan yang sama persis pada setiap batik yang dibuat sehingga gambar tampak lebih luwes, hal ini berbeda dengan detail pada batik cap dan batik cetak yang memiliki detail garis atau gambar yang tetap sama pada setiap lembar hasilnya [7]. Gambar batik tulis dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



**Gambar 2.1** Batik Tulis

*(sumber : <https://infobatik.id/batik-tulis-sarjuni-motif-bunga-sepatu/>)*

### 2.1.2 Proses Membatik

Dalam proses pembuatan batik ada beberapa alat dan bahan yang perlu disiapkan seperti kain mori, canting, lilin batik dan beberapa perlengkapan lain. Adapun tahap-tahap proses membatik adalah sebagai berikut :

#### 1. Membuat desain batik

Langkah yang paling awal untuk membatik adalah membuat pola desain batik atau biasa disebut *Molani* [8] dengan menggunakan pensil terlebih dahulu agar dapat menghindari kesalahan dalam membuat batik sehingga dapat dihapus dan diubah dengan mudah, di dalam proses *molani* ini dapat dibuat berbagai macam pola batik sesuai dengan desain yang diinginkan. Gambar proses *molani* dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut:



**Gambar 2.2** Proses *molani*

(<http://www.jnjbatic.com/blog/10-alat-dan-bahan-untuk-membuat-batik-tulis/>)

#### 2. Melukis pada kain

Tahap kedua setelah proses *molani* adalah proses menorehkan lilin yang telah dicairkan menggunakan canting ke pola yang telah dibuat sebelumnya proses ini disebut *mbatik*. Gambar proses *mbatik* dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut:



**Gambar 2.3** Proses *mbatik*

(<https://masfikr.com/cara-membuat-batik-tulis/>)

### 3. Menutupi bagian putih

Batik tidak seluruhnya diberi warna dasar, ada bagian-bagian tertentu yang tidak diperbolehkan terkena warna dasar, oleh sebab itu pada proses menutupi bagian putih ini atau biasa disebut *nembok* akan dilakukan pelapisan malam yang cukup tebal seolah-olah menjadi tembok penghalang [9]. Gambar proses *Nembok* dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:



**Gambar 2.4** Proses *nembok*

(<https://duranafisah.blog.uns.ac.id/2016/02/10/mengulik-sejarah-batik-di-solo/>)

### 4. Pewarnaan kain

Tahap pewarnaan kain atau biasa disebut *medel* merupakan proses pencelupan kain mori yang telah melewati tahap *mbatik* dan *nembok* ke dalam cairan pewarna yang dilakukan berulang kali sehingga mendapatkan warna yang diinginkan [9]. Gambar proses *Medel* dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut:



**Gambar 2.5** Proses *medel*

(<https://duranafisah.blog.uns.ac.id/2016/02/10/mengulik-sejarah-batik-di-solo/>)

#### 5. Melukis kembali dengan canting

Setelah melewati proses *medel* dan kain dikeringkan, langkah selanjutnya adalah melukis kembali kain menggunakan canting. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mempertahankan warna pada tahap pewarnaan pertama [9]. Pada tahap ini dapat dilakukan secara berulang, tergantung banyaknya corak warna yang diinginkan pada kain batik. Selanjutnya kembali ke tahap sebelumnya yaitu tahap pewarnaan kain dengan pewarna yang berbeda.

#### 6. Menghilangkan lilin

Setelah tahap pewarnaan dilakukan berulang tahap selanjutnya adalah menghilangkan lilin yang menempel pada kain dengan mencelupkan kain ke dalam air yang telah dipanaskan di dalam tungku [9].

#### 7. Membatik kembali

Kain batik yang telah bersih dari lilin dan telah kering, dilakukan proses membatik kembali sehingga dapat mempertahankan warna pada pewarnaan berulang sebelumnya [4].

#### 8. *Nglorot*

*Nglorot* merupakan tahapan terakhir dari proses pembuatan kain batik tulis, dimana pada proses ini lilin atau malam akan dilepaskan secara keseluruhan menggunakan cara penggodokan kain pada air mendidih [9], selanjutnya kain diangkat dan dibilas kemudian di angin-anginkan hingga kering. Setelah kain batik kering maka motif yang telah dibuat pada kain akan terlihat dengan jelas [4].

Dari tahap-tahap pembuatan batik, tahap 1,2,3,5 dan 7 adalah tahapan tersulit dari proses pembuatan batik, tahap-tahap ini dibutuhkan keterampilan khusus dan butuh kejelian yang tinggi. Tahap 1 memerlukan kreativitas dan imajinasi yang baik untuk membuat sebuah pola gambar awal pada batik, sedangkan pada tahap 2,3,5 dan 7 sangat diperlukan adanya kejelian dan keterampilan dalam menorehkan malam yang telah dicairkan menggunakan canting pada media kain yang akan di batik.



Pada tahap 1 yaitu membuat pola batik menggunakan pensil, tidak semua orang dapat membuat sebuah pola batik yang baik, baik buruknya sebuah pola batik bergantung pada imajinasi masing-masing pembuat, untuk mengatasi hal ini pada tahap membuat pola dengan pensil dapat digantikan menggunakan desain menggunakan *software* desain di dalam komputer. Hal ini dimaksudkan agar mempermudah membuat sebuah pola batik yang baik dan mempermudah menduplikasi pola tersebut dengan mudah dengan durasi waktu singkat.

Pada tahap 2,3,5 dan 7 merupakan tahap yang akan sering menggunakan canting pada setiap tahap-tahapnya, hanya orang-orang yang terampil dan berpengalaman yang dapat menyelesaikan tahap-tahap ini dengan menorehkan hasil yang baik. Hal ini dikarenakan tidak semua orang mahir menggunakan canting batik. Ditambah lagi saat ini jumlah orang-orang yang memiliki keterampilan dan pengalaman serta terbiasa untuk membatik menggunakan canting semakin langka, para pengrajin batik saat ini di dominasi oleh kawula tua, sedangkan regenerasi pembatik sangat sedikit akibat minimnya minat generasi muda untuk menjadi pembatik.

Dari permasalahan-permasalahan sulitnya membuat pola batik dan pengaplikasian malam cair menggunakan canting, maka solusi yang dapat ditawarkan adalah sistem memola dan membatik dengan sistem *plotter*. Kelemahan-kelemahan dari sistem batik tulis konvensional dapat dibenahi dengan sistem ini. Sistem *Plotter* memiliki kelebihan dapat menggambar garis pola batik sekaligus menorehkan malam menggunakan canting dengan baik serta memiliki ketelitian di setiap hasil batik yang dibuat dengan waktu yang lebih singkat dibanding dengan membatik tulis konvensional.

## 2.2 Pengertian *Plotter*

*Plotter* merupakan printer grafis yang mampu menggambar dengan skala yang telah ditentukan menggunakan pena-pana tinta, *plotter* dirancang untuk menghasilkan *output* komputer yang berupa gambar atau grafik dengan menghubungkan *plotter* pada sistem komputer. [10] Cara lain mendefinisikan sistem dari *plotter* adalah sebuah mesin yang secara otomatis dapat menggambar sebuah gambar atau grafik berdasarkan data yang dimasukkan dan dapat digunakan untuk menggambar beberapa ratus salinan gambar yang sama berulang-ulang tanpa perlu perintah baru.

Berbeda dengan *printer*, *plotter* dapat mencetak di beragam media baik kertas, meja, papan, tembok, kain atau media lainnya, selain itu, *plotter* mampu memberikan skala yang berbeda dengan gambar awal bergantung pengaturan konversi skalanya.[11]

Pada prinsip dasarnya *plotter* memiliki dua sumbu sebagai arah pergerakannya, namun *Plotter* dapat dikembangkan lagi menjadi memiliki tiga sumbu gerak yakni sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z seperti halnya 3D printer. Informasi dari komputer yaitu berupa perintah yang menggerakkan motor *stepper* pada *plotter*. [11]

Sistem penggerak pada *plotter* yang akan dirancang adalah menggunakan sistem penggerak tiga sumbu, dengan menggunakan canting batik yang dikembangkan dari canting batik elektrik konvensional sebagai alat untuk membatik.

## 2.3 Mesin CNC

CNC (*Computer Numerical Control*) adalah sebuah mesin perkakas yang dikontrol menggunakan sistem otomasi komputer dengan menggunakan perintah kode yang terdiri dari angka, huruf, dan simbol-simbol sesuai pada standar ISO. Dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional sistem kerja dari mesin CNC lebih sinkron antara komputer dan mekanik. Mesin CNC memiliki ketelitian, ketepatan serta fleksibilitas yang tinggi sehingga sangat cocok di pergunakan untuk produksi massal. [12]

Sebelum terciptanya CNC mesin NC (*Numerical Control*) lah yang paling awal muncul yakni pada tahun 40-an dan 50-an, mesin NC memodifikasi mesin perkakas biasa menggunakan perpaduan *Servomotor* dan sistem kontrol *analog* . Namun, kini sistem kontrol ini telah digantikan oleh komputer digital, pada perkembangan inilah terlahir sebuah mesin yang disebut dengan mesin CNC (*Computer Numerical Control*).[13]

Mesin CNC dirancang untuk mendukung proses produksi yang memiliki tingkat kerumitan yang tinggi dan mengurangi penggunaan operator di dalam proses kendali sebuah mesin. Dengan pengoperasian mesin CNC keakuratan dari sebuah produk dapat dijamin hingga 1/1000 mm mikron dengan hasil sama persis pada waktu yang cukup singkat.[14]

Penggunaan Mesin CNC dapat memberikan beberapa keuntungan, antara lain:[2]

1. Mempercepat waktu yang diperlukan dalam proses produksi.
2. Memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan manusia (*human error*).
3. Memiliki kemampuan produksi massal dengan keakuratan hasil produksi yang baik dengan waktu singkat dan tanpa perlu mengganti perintah yang baru.
4. Menggantikan tugas manusia sehingga menurunkan biaya pada pekerja
5. Mesin memiliki sifat reliabilitas tinggi (tahan lama).
6. Fleksibel dan memudahkan pada perubahan desain dari suatu produk.

Dari keunggulan-keunggulan tersebut, penerapan *plotter* CNC dinilai sangat menguntungkan untuk digunakan dalam proses produksi batik tulis. Kelebihan-kelebihan yang dimiliki *plotter* CNC dapat mengatasi kelemahan-kelemahan yang terdapat pada tahap proses membatik di poin 1,2,3 5 dan 7. Sehingga apabila *plotter* batik diterapkan maka kualitas dan kuantitas dari hasil batik tulis yang dihasilkan akan meningkat drastis.

## 2.4 Bagian-Bagian CNC Plotter batik

### 2.4.1 Power Supply

*Power supply* digunakan untuk menyuplai arus listrik ke perangkat CNC Shield pada CNC plotter batik, kemudian suplai arus listrik ini nantinya akan disalurkan ke motor *stepper* untuk menggerakkan motor-motor *Stepper*. *Power Supply* berfungsi mengubah arus listrik jenis AC (bolak-balik) ke Arus DC (searah) yang dibutuhkan oleh CNC *shield* dan motor *stepper*. Berdasarkan spesifikasi CNC *Shield*, *power supply* yang cocok digunakan adalah *power supply* 12V 5A. Gambar dari *Power Supply* dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut:



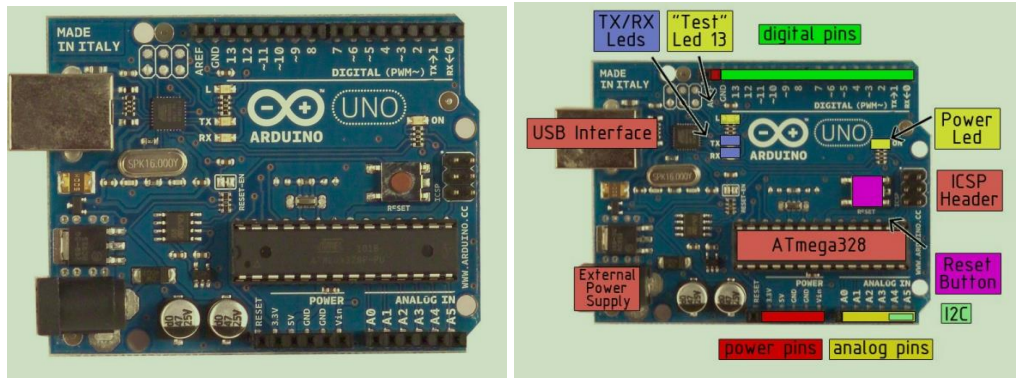
Gambar 2. 6 Power Supply

([https://www.bukalapak.com/p/komputer/aksesoris-226/modem/h6xuku-jual-power-supplymodempool?dtm\\_section=overview&dtm\\_source=search\\_listing&keyword=&quickview=1&cf=1&sort\\_origin=relevansi&search\\_sort\\_default=true&promoted=1](https://www.bukalapak.com/p/komputer/aksesoris-226/modem/h6xuku-jual-power-supplymodempool?dtm_section=overview&dtm_source=search_listing&keyword=&quickview=1&cf=1&sort_origin=relevansi&search_sort_default=true&promoted=1))

### 2.4.2 Arduino Uno R3

Arduino Uno adalah papan sirkuit berbasis mikrokontroler ATmega328. Berdasarkan *datasheet* Arduino uno memiliki 14 digital pin *input/output* (yang mana 6 dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 untuk analog *input*, resonator kristal keramik 16 MHz, Konektor USB, *power jack*/soket adaptor, *pin header* ICSP, dan tombol reset. Ini berisi semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler yang dipakai pada CNC *plotter* batik.

Penggunaan Arduinu Uno cukup disambungkan ke komputer dengan kabel USB atau daya dengan AC ke DC adaptor ataupun dengan baterai untuk memulainya[15]. Gambar dari Arduino Uno R3 ATmega 328 dan bagian-bagian Arduino R3 Atmega dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut:



(a)

(b)

**Gambar 2. 7** (a) Arduino Uno R3 ATmega 328 (b) bagian-bagian Arduino R3 Atmega 328

(<https://datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-38879526.pdf>)

Berdasar *datasheet* dari Arduino uno ditunjukkan pada table 2.1

sebagai berikut :

**Tabel spesifikasi Arduino Uno R3**

<i>Microcontroller</i>	ATmega328
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limits)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	2 KB (ATmega328)
<i>EEPROM</i>	1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>Length</i>	68.6 mm
<i>Width</i>	53.4 mm
<i>Weight</i>	25 g

**Tabel 2. 1** Spesifikasi Arduino Uno R3

(<https://www.caratekno.com/pengertian-arduino-uno-mikrokontroler/>)

(<https://datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-38879526.pdf>)

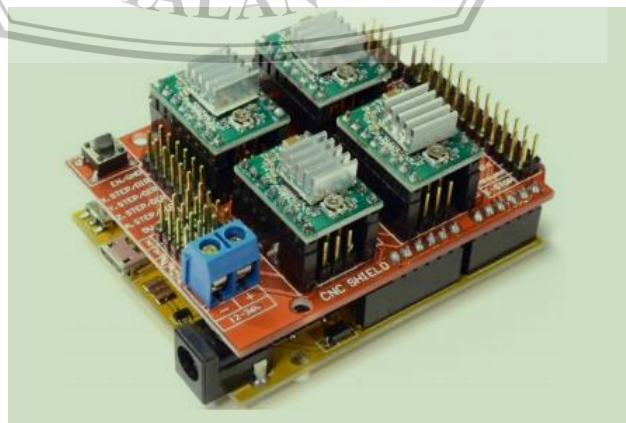


### 2.4.3 CNC Shield V3 with Module A4988 and Heatsink for arduino

CNC Shield V3 merupakan *Board* ekspansi dari Arduino, berfungsi sebagai papan ekspansi *driver* A4988, bekerja pada 12-36V DC. CNC Shield digunakan untuk pembuatan *project* mesin ukiran CNC, printer 3D, gerakan linear, pemotong laser *router* CNC termasuk juga di dalamnya CNC *Plotter* batik.

CNC Shield V3 menggunakan *opensource firmware* GRBL yang berjalan pada Arduino Uno yang mengubah perintah *G-code* menjadi sinyal *Stepper*. CNC Shield V3 sangat cocok digunakan karena memiliki total empat slot *driver* A4988 yang dapat menggerakkan empat motor *stepper*, Setiap motor *stepper* jalan hanya membutuhkan dua *port* I/O [16]. Dengan kata lain, enam *port* I/O dapat dikelola dengan baik oleh tiga motor *stepper* yaitu sumbu X,Y dan Z, kemudian dua *port* I/O lainnya dapat digunakan untuk satu aksis lagi yaitu sumbu A, dimana Sumbu ini dapat juga digunakan untuk menduplikasi sumbu X,Y ataupun Z [17].

A4988 sendiri merupakan *driver* motor *microstepping* yang dilengkapi dengan penerjemah bawaan yang memudahkan pengoperasian atau penggunaannya untuk menggerakkan motor *stepper*. Produk ini tersedia dalam mode langkah penuh, setengah, 1/4, 1/8, dan 1/16 langkah pengoperasian motor *stepper*. Kapasitas keluaran penggerak yang dimiliki yaitu hingga 35V dan 2A.[18] Gambar dari komponen CNC Shield dengan modul A4988 dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut:



**Gambar 2. 8** CNC shield V3 with module A4988

(Handson Technology User Manual 3-Axis CNC/Stepper Motor Shield for Arduino)

#### 2.4.4 Motor Penggerak

Aktuator atau penggerak utama yang digunakan untuk menggerakkan sistem transmisi gerak pada CNC *Plotter* batik adalah jenis motor listrik DC. Jenis yang sering digunakan adalah jenis motor jenis DC *servo* dan *stepper*. Perbedaan yang mendasar antara motor *stepper* dengan *servo* adalah dari konstruksi dan bagaimana motor tersebut dikontrol.

Motor *stepper* dan motor *servo* adalah aktuator yang biasa digunakan dari mesin CNC. Masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Keuntungan menggunakan motor *stepper* adalah harganya yang relatif murah, tetapi kecepatan putarannya relatif lebih lambat. Dengan menggunakan motor *servo* biaya membuat CNC lebih tinggi, tapi kecepatan gerak motornya menjadi kelebihan utamanya. Banyak di antara proses pemesinan membutuhkan kecepatan yang rendah saja, karena itu opsi penggunaan motor *stepper* bisa menjadi pilihan primadona dalam merakit mesin CNC.[19]

#### 2.4.5 Canting batik

Canting batik yang digunakan pada CNC *Plotter* batik ialah canting batik elektrik yang mengubah sumber energi listrik menjadi energi panas untuk mencairkan malam batik, permasalahannya canting batik elektrik yang beredar di pasaran hanya menggunakan regulator (*potentiometer*) untuk menaikkan dan menurunkan suhunya, tidak ada acuan khusus besaran suhu atau *temperature* yang dicantumkan, atau dengan kata lain penggunaannya hanya menaikkan dan menurunkan menurut perkiraan saja. Efeknya negatif yang diakibatkan ialah malam batik tidak dapat di atur pada suhu yang tepat sehingga lilin atau malam tidak mencair dengan baik atau bahkan dapat meluber berlebihan akibat kelebihan panas yang diberikan. Pada alat CNC *plotter* batik ini canting batik elektrik ditambahkan sebuah pengontrol suhu dengan pengatur besaran suhu satuan derajat *celcius* agar pengaturan temperatur yang diberikan sesuai dengan kebutuhan pencairan malam pada saat proses membatik. Gambar dari canting batik elektrik dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut:

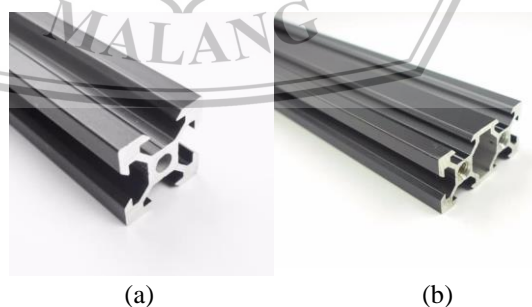


**Gambar 2. 9** Canting batik elektrik pengatur suhu *potentiometer* sederhana

(<https://www.tokopedia.com/batikjatim/canting-elektik>)

#### 2.4.6 V-Slot Alumunium Profile

*V-slot alumunium profile* dipilih sebagai komponen utama yang digunakan sebagai rangka pada CNC *Plotter* batik, jenis V-slot alumunium profil dipilih karena memiliki *slot* yang berbentuk seperti huruf V yang digunakan untuk lintasan atau luncuran dari V-wheel pada sistem transmisi gerak *everman belt drive*. Adapun material penyusun dari *Vslot alumunium profile* adalah Alumunium tipe 6061 yang mana jenis ini merupakan paduan alumunium dengan magnesium dan silikon, material ini memiliki sifat kekuatan dan ketangguhan struktural yang baik, ketahanan korosi dan karakteristik permesinan yang baik sehingga cocok untuk digunakan pada berbagai jenis konstruksi alat termasuk di dalamnya sebagai komponen konstruksi pada CNC *plotter* batik. Gambar dari *V-slot Alumunium Profile* dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut:



(a)

(b)

**Gambar 2. 10** (a) *V-slot alumunium Profile 2020*; (b) *V-slot alumunium Profile 2040*

(<https://www.tokopedia.com/lajarusteknik/aluminium-profile-2020-v-slot-black-ox-cnc-frame-1-meter>)

(<https://www.tokopedia.com/lajarusteknik/aluminium-profile-2040-v-slot-black-ox-cnc-frame-3-meter>)

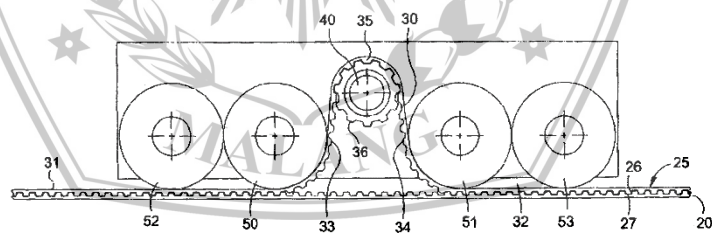
#### 2.4.7 Acrylic plates

Komponen pendukung pada rangka pada CNC *Plotter* batik menggunakan pelat Akrilik. Pelat Akrilik sendiri tersedia dalam berbagai macam ketebalan, berat jenis dari pelat akrilik adalah 1,15-1,19 g/cm<sup>3</sup> atau berkisar dari 1150 – 1190 kg/m<sup>3</sup> kita ambil 1,18 g/cm<sup>3</sup> yaitu setengah berat jenis dari kaca yaitu berkisar 2400 – 2800 kg/m<sup>3</sup>, sifat lainnya yang membedakan akrilik dengan kaca adalah sifat tahan terhadap bantingan (tidak mudah pecah).

#### 2.4.8 Everman Belt Drive

Sistem gerak *Everman belt drive* alias *Positioner utilizing engaged toothed gear belt, one static and one dynamic* adalah suatu modifikasi sederhana yang mengurangi perenggangan atau kelenturan dari *timing belt* pada sistem penggeraknya. Penggunaan sistem *everman belt drive* selalu menggunakan alumunium V slot sebagai poros atau lajur geraknya, penggunaan sistem gerak *everman belt drive* ini mirip dengan sistem gerak *rack and pinion* hanya saja lintasan *timing pulley* di gantikan dengan *timing belt*.

Secara keseluruhan sistem penggerak *everman belt drive* adalah sistem transmisi gerak yang memiliki biaya rendah serta memiliki akurasi tinggi juga sangat baik untuk mengurangi *backlash*. Berikut merupakan gambar sistem gerak *everman belt drive* yang ditunjukkan pada gambar 2.11 berikut

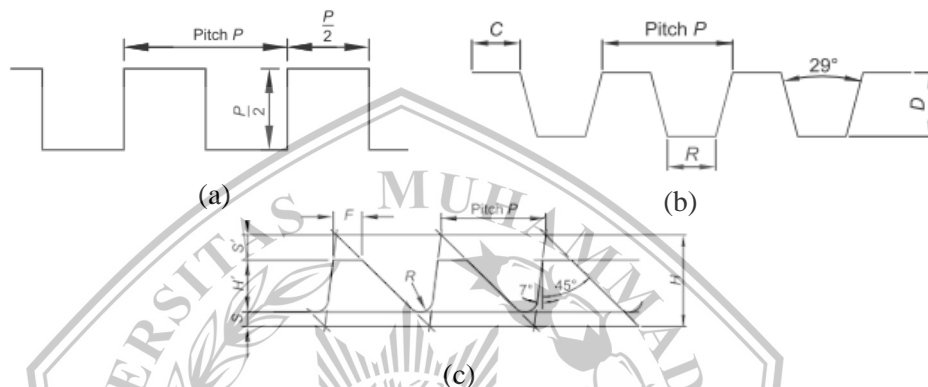


**Gambar 2. 11** Everman belt drive berdasar paten US20090301237

(<https://www.makerstore.com.au/blog/v-slot-the-ox-cnc-machine-and-the-everman-belt-drive-system/>)

### 2.4.9 Lead Screw

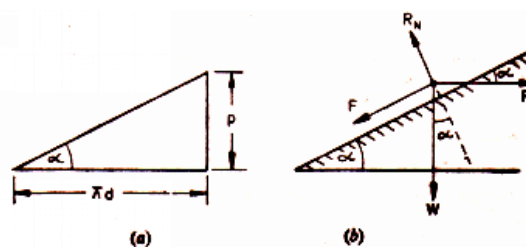
*Power screw* atau *lead screw* adalah transmisi yang digunakan untuk merubah gerak putar (*rotary motion*) menjadi gerakan linear. *Lead screw* memiliki kemampuan yang baik untuk mengangkat atau memindahkan beban yang besar. Contoh pengaplikasiannya adalah dongkrak (*screw jack*). Terdapat beberapa jenis *lead screw* yang biasa digunakan, jenis *lead screw* antara lain *square thread*, *acme thread* dan *buttruss thread*[20]. Jenis-jenis *lead screw* akan ditunjukkan pada gambar 2.12 berikut :



**Gambar 2. 12** Jenis-jenis *Lead screw* (a) *square thread* (b) *acme thread* (c) *buttruss thread*.

(<http://mhasanalbana.blogspot.com/2016/11/power-screws.html>)

Sifat *Self-locking* pada *lead screw* mengacu pada kondisi dimana *screw* tidak bisa diputar jika gaya aksial diberikan pada mur (*nut*). Hal ini sangat bermanfaat karena akan menjaga posisi *lead screw* pada posisinya saat menahan beban. Adapun *lead screw* yang akan digunakan adalah jenis *lead screw* berbentuk persegi. Untuk mempermudah perhitungan ulir *screw* dapat diilustrasikan sebagai bidang miring yang melilit silinder sebagai segitiga untuk membentuk heliks[20] seperti gambar 2.13 di bawah ini :



**Gambar 2. 13** (a) Bidang miring pada ulir dengan membandingkan diameter dan *pitch* (b) Skema pembebanan *power screw*



Dimana :

$d$  = Diameter (mm)

$P$  = *Pitch* (mm)

$\alpha$  = Sudut kemiringan ( $^{\circ}$ )

$W$  = Berat beban (N)

$P$  = Gaya yang bekerja (N)

$f$  = Gaya gesek yang terjadi di *power screw* (N)

$R_N$  = Gaya normal (N)

Kemiringan dari bidang disebut *lead angle*  $\alpha$

$$\tan \alpha = \frac{P}{\pi d}$$

Dimana :

$d$  = Diameter (mm)

$p$  = *Pitch* (mm)

$\alpha$  = Sudut kemiringan ( $^{\circ}$ )

Dari gambar 2.13 (b) diketahui bahwa apabila beban di angkat naik ke atas maka gaya gesek  $f = \mu R_N$  akan bekerja berlawanan ke arah sebaliknya (ke bawah).

- Gaya yang bekerja sepanjang bidang miring

$$P \cos \alpha = \mu R_N - W \sin \alpha \quad (1)$$

- Gaya yang bekerja tegak lurus bidang.

$$R_N = W \cos \alpha - P \sin \alpha \quad (2)$$

Mensubstitusikan persamaan 1 dan 2, sehingga menghasilkan persamaan 3 dan 4 seperti di bawah ini:

$$P = W \frac{(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)}{(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)} \quad (3)$$

$$P = W \frac{\tan \alpha + \tan \phi}{1 - \tan \alpha \tan \phi} \quad (4)$$

Dimana:  $P$  = gaya yang bekerja untuk menggerakkan ulir. (N)

$\mu$  = koefisien gesek

$W$  = Beban yang akan dipindahkan. (N)

$R_N$  = Gaya normal. (N)

Dari persamaan 4 dapat disimpulkan bahwa semakin besar diameter *lead screw*, maka semakin kecil nilai  $\alpha$  nya maka berakibat semakin kecil pula usaha yang diperlukan untuk menggerakkan *lead screw*, namun ini akan berefek pada bertambahnya jumlah putaran yang diperlukan untuk mencapai jarak yang telah ditentukan.[2]

Torsi minimum yang diperlukan untuk menggerakkan lead screw

$$T = P L \text{ atau } T = P \frac{d}{2}$$

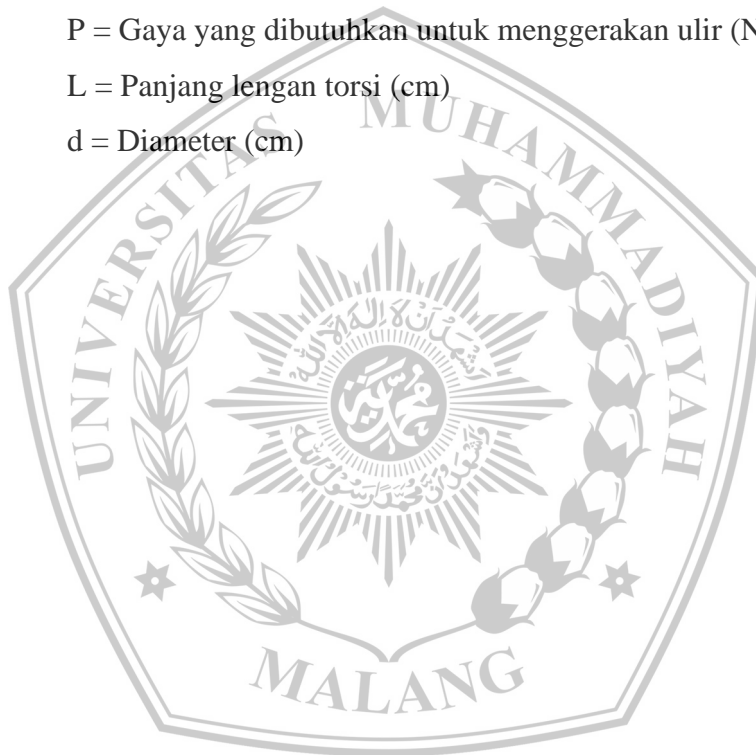
Dimana :

T = Torsi (N.cm)

P = Gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan ulir (N)

L = Panjang lengan torsi (cm)

d = Diameter (cm)



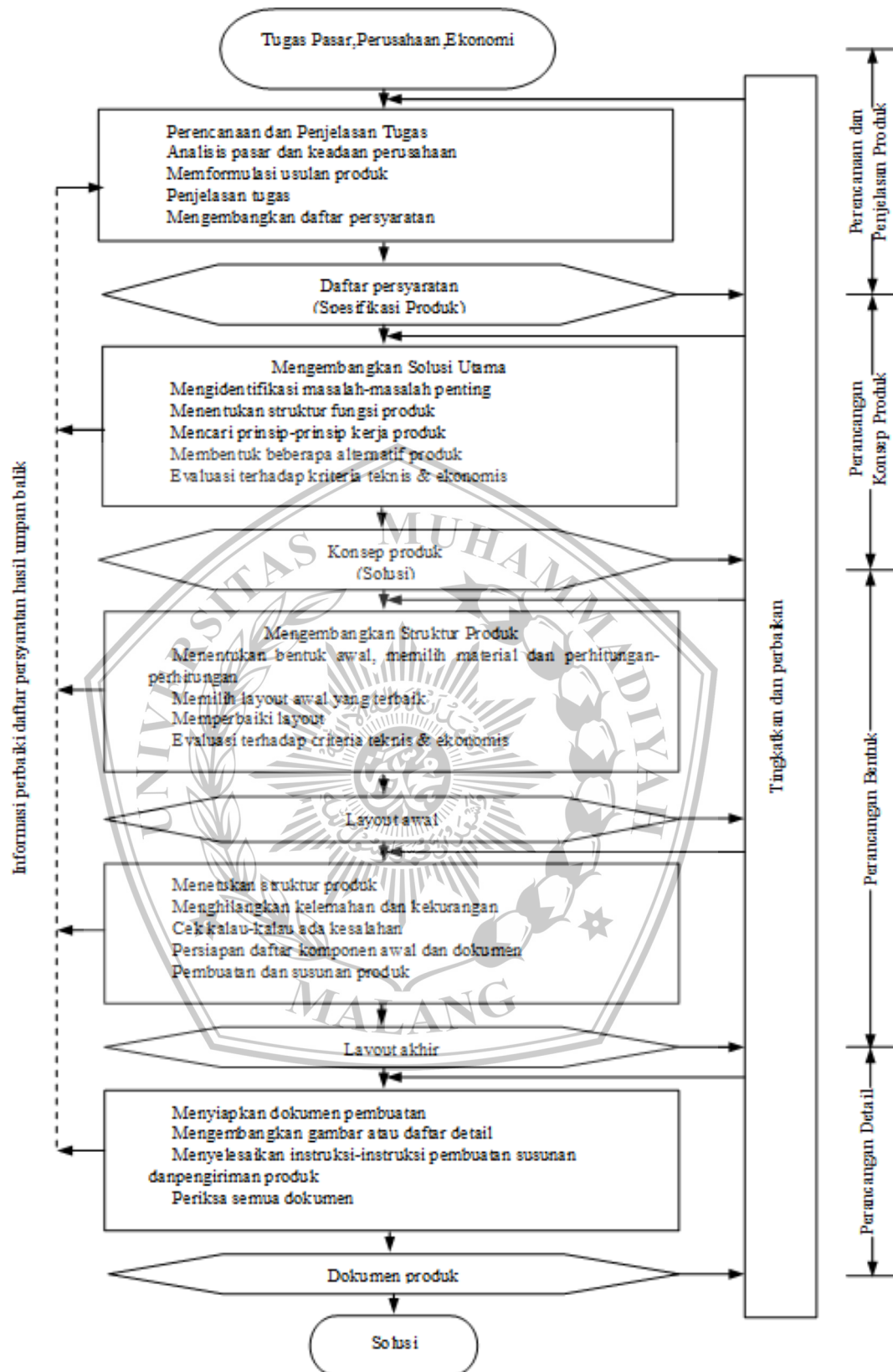
## 2.5 Metode Design Pahl and Beitz

Perancangan merupakan kegiatan awal dari usaha untuk merealisasikan suatu produk yang dibutuhkan oleh masyarakat. Setelah proses perancangan selesai maka kegiatan yang selanjutnya adalah pembuatan produk. Kedua kegiatan tersebut dilakukan dua orang atau dua kelompok orang dengan keahlian masing-masing, yaitu perancangan dilakukan oleh tim perancang dan pembuatan produk oleh tim kelompok pembuat produk.

*Pahl* dan *Beitz* [21] mengusulkan cara merancang produk sebagaimana yang dijelaskan dalam bukunya; *Engineering Design : A Systematic Approach*. Cara merancang *Pahl* dan *Beitz* tersebut terdiri dari 4 kegiatan atau fase, yang masing-masing terdiri dari beberapa langkah. Keempat fase tersebut adalah :

1. Perencanaan dan penjelasan tugas
2. Perancangan konsep produk
3. Perancangan bentuk produk (*embodiment design*)
4. Perancangan detail

Setiap fase proses perancangan berakhir pada hasil fase, seperti fase pertama menghasilkan daftar persyaratan dan spesifikasi perancangan. Hasil setiap fase tersebut kemudian menjadi masukan untuk fase berikutnya dan menjadi umpan balik untuk fase yang mendahului. Perlu dicatat pula bahwa hasil fase itu sendiri setiap saat dapat berubah oleh umpan balik yang diterima dari hasil fase-fase berikutnya. Contoh bentuk diagram perancangan *Pahl* dan *Beitz* dapat dilihat pada diagram 2.1 berikut ini.



**Diagram 2.1** Diagram Alir Perancangan Menurut *Pahl dan Beitz*

### 2.5.1 Perencanaan Proyek dan Penjelasan Tugas

Tugas fase ini adalah menyusun spesifikasi produk yang mempunyai fungsi khusus dan karakteristik tertentu yang memenuhi kebutuhan masyarakat. Produk ini dengan fungsi khusus dan karakteristik tertentu tersebut merupakan olahan hasil survei bagian pemasaran atau atas permintaan segmen masyarakat. Fase pertama tersebut perlu diadakan untuk menjelaskan secara lebih detail sebelum produk tersebut dikembangkan lebih lanjut.

Pada fase ini dikumpulkan semua informasi tentang semua persyaratan atau *requirement* yang harus dipenuhi oleh produk dan kendala-kendala yang merupakan batas-batas untuk produk. Hasil fase ini adalah spesifikasi produk yang dimuat dalam suatu daftar persyaratan teknis. Fase perencanaan produk tersebut baru dapat memberikan hasil yang baik, jika fase tersebut memperhatikan kondisi pasar, keadaan perusahaan dan ekonomi negara.

### 2.5.2 Perancangan Konsep Produk

Berdasarkan spesifikasi produk hasil fase pertama, dicarilah beberapa konsep produk yang dapat memenuhi persyaratan-persyaratan dalam spesifikasi tersebut. Konsep produk tersebut merupakan solusi dari masalah perancangan yang harus dipecahkan. Beberapa alternatif konsep produk dapat ditemukan. Konsep produk biasanya berupa gambar sketsa atau gambar skema yang sederhana, tetapi telah memuat semua.

Beberapa alternatif konsep produk kemudian dikembangkan lebih lanjut dan setelah dievaluasi. Evaluasi tersebut haruslah dilakukan beberapa kriteria khusus seperti kriteria teknis, kriteria ekonomis dan lain-lain. Konsep produk yang tidak memenuhi persyaratan-persyaratan dalam spesifikasi produk, tidak diproses lagi dalam fase-fase berikutnya, sedangkan dari beberapa konsep produk yang memenuhi kriteria dapat dipilih solusi yang terbaik. Mungkin terjadi, ditemukan beberapa konsep produk terbaik yang dikembangkan lebih lanjut pada fase-fase berikutnya.



### 2.5.3 Perancangan Bentuk (*Embodiment Design*)

Pada fase perancangan bentuk ini, konsep produk “diberi bentuk”, yaitu komponen-komponen konsep produk yang dalam gambar skema atau gambar sketsa masih berupa garis atau batang saja, kini harus diberi bentuk, sedemikian rupa sehingga komponen-komponen tersebut secara bersama menyusun bentuk produk, yang dalam gerakannya tidak saling bertabrakan sehingga produk dapat melakukan fungsinya. Konsep produk yang sudah digambarkan pada *preliminary layout*, sehingga dapat diperoleh beberapa *preliminary layout*.

*Preliminary layout* masih dikembangkan lagi menjadi *layout* yang lebih baik lagi dengan meniadakan kekurangan dan kelemahan yang ada dan sebagainya. Kemudian dilakukan evaluasi terhadap beberapa *preliminary layout* yang sudah dikembangkan lebih lanjut berdasarkan kriteria teknis, kriteria ekonomis dan lain-lain yang lebih ketat untuk memperoleh *layout* yang terbaik yang disebut *definitive layout*. *Definitive layout* telah dicek dari segi kemampuan melakukan fungsi produk, kekuatan, kelayakan finansial dan lain-lain.

### 2.5.4 Perancangan Detail

Pada fase perancangan detail, maka susunan komponen produk, bentuk, dimensi, kehalusan permukaan, material dari setiap komponen produk ditetapkan. Hasil akhir fase ini adalah gambar rancangan lengkap dan spesifikasi produk untuk pembuatan.